

## Verfahren und Vorrichtung zum Fördern pulverförmiger Stoffe

### Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Fördern pulverförmiger Stoffe gemäß dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

Die hier betrachtete Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Verwendung als Pulverdosierpumpe zur Versorgung des z.B. elektrostatischen Zerstäubers eines Pulverlackierroboters oder einer sonstigen Lackiermaschine in einer Anlage zur Serienbeschichtung von Werkstücken wie beispielsweise Fahrzeugkarosserien. Während Pulverlack früher üblicherweise mit Hilfe eines nach dem Venturi-Prinzip arbeitenden Sauginjektors aus einem durch Luft fluidisierten Behälter angesaugt und über Schläuche in einem Pulver-Luft-Gemisch zum Zerstäuber gefördert wurde (WO 94/22589), kann es aus den in der DE 101 30 173 erläuterten Gründen zweckmäßiger sein, eine mit Gegendruckförderung arbeitende Pulverdosierpumpe unmittelbar an der bewegten Maschine zwischen einem mitbewegten Farbwechsler und dem Zerstäuber anzuordnen.

Die in der DE 101 30 173 erwähnte Dosierpumpe besteht im Wesentlichen aus einer Kammer, die über ein gesteuertes Ventil an eine Druckluftquelle und ein weiteres gesteuertes Ventil an eine Vakuumquelle angeschlossen ist. Der Ausgang der Kammer ist mit dem Zerstäuber verbunden, während der Pulvereingang an den Ausgang des bei neueren Beschichtungsmaschinen vorgesehenen Pulverfarbwechslers angeschlossen ist. Die Druck- und Vakuumquellen dienen als Pumpenantrieb. Die Förde-

rung und Dosierung des Pulverlackes geschieht über den Wechsel von Druck und Vakuum in der Kammer, in der zu diesem Zweck eine luftdurchlässige Membran angeordnet ist. Die Fördermenge ist im wesentlichen durch die Kammergröße definiert, während der Durchsatz durch die Ventilsteuerfrequenz einstellbar ist. Bei einer aus der DE 199 59 473 bekannten Dosierpumpe dieser Art erfolgt die Ventilsteuerung durch Abklemmen von aus elastischem Werkstoff bestehenden Vakuum- bzw. Überdruckschläuchen mit einer zyklisch bewegten gemeinsamen Druckbalkenanordnung.

Bei einer ebenfalls bekannten Pumpe der hier betrachteten Gattung (DDF-Pumpe Typ 0.3 der Ramseier Technologies AG), die mit zwei gegenläufig bewegten Kolben arbeitet und in manchen Fällen zweckmäßiger sein kann, wird der Pulverdurchsatz pro Kolbenhub mechanisch durch das Hubvolumen des Kolbens bestimmt. Zur Reduzierung des Durchsatzes kann der Kolbenhub verringert werden, und zwar entweder durch einen manuell von außen einstellbaren Anschlag oder durch Einlegen elastischer Hubbegrenzungselemente in den Zylinder. Während der für die Verstellung von außen erforderliche Aufsatz mechanisch aufwendig ist und der Anschlag bei längerem Einsatz zu Verschleiß der Pumpeneinheit führt, kann bei der internen Hubbewegung der Durchsatz nur durch Austausch der eingelegten Begrenzungselemente gegen größere oder kleinere Elemente verändert werden. In beiden Fällen ist ohne Frequenzänderung keine automatisch gesteuerte Veränderung des Pulverdurchsatzes während des Förderbetriebes möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung der betrachteten Gattung anzugeben, die auf einfache Weise und auch ohne Änderung der Pumpfrequenz eine

automatisch gesteuerte Veränderung des Pulverdurchsatzes erlauben.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche gelöst.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass sich bei einer Pulverdosierpumpe der betrachteten Gattung der Pulverdurchsatz durch Verminderung der Saugleistung begrenzen lässt.

Vorzugsweise wird eine zur quasi kontinuierlichen Förderung und Dosierung mit zwei gegenläufig oszillierenden Kolben arbeitenden Kolbendosierpumpe verwendet. Erfindungsgemäß kann hierbei das vom Kolben erzeugte Vakuum zur Begrenzung des Fördervolumens durch zeitlich gesteuertes Öffnen des Zylinders verringert werden, und zwar vorzugsweise durch zeitlich gesteuertes Einströmen des Fördergases, mit dem bei der entgegengesetzten Kolbenbewegung das Pulver aus dem Zylinder ausgestoßen wird, durch die von dem Pulvereingang getrennte Einlassöffnung. Dadurch wird eine Begrenzung und automatische Verstellung des Pulverdurchsatzes während des Beschichtungsbetriebes auf einfache Weise ohne besondere mechanische Hilfsmittel wie z.B. einen Anschlag ermöglicht. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass die erfindungsgemäße Steuerung des Durchsatzes maximale Lebensdauer der Pumpe gewährleistet.

An dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel einer für einen Pulverlackierroboter geeigneten Pulverdosiervorrichtung wird die Erfindung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig.1 eine schematische Schnittansicht der Pulverdosierpumpe, und

Fig.2 ebenfalls schematisch das Pneumatik- und Ventilschema für die Dosierpumpe nach Fig. 1.

Die in Fig.1 dargestellte Dosierpumpe arbeitet mit zwei gegenläufig oszillierenden Kolben nach dem an sich bekannten Prinzip der Gegendruckförderung. Sie enthält in einem gemeinsamen Gehäuse 1 zwei einen Teil der Zylinder 2 bzw. 2' bildende z.B. zylindrische parallele Pumpkammern 3 bzw. 3', in denen die Kolben 4 bzw. 4' hin und her bewegt werden. Als Antriebsmotor für die Kolben 4, 4' kann je eine automatisch in bekannter Weise gesteuerte pneumatische Antriebszylindereinheit 5 bzw. 5' vorgesehen sein, die auf das Gehäuse 1 aufgesetzt sein können und deren Antriebskolben 6 bzw. 6' mechanisch beispielsweise über Kolbenstangen 7 bzw. 7' mit dem jeweiligen Kolben 4, 4' verbunden ist.

Zwischen dem Umfang des Kolbens 4, 4' und der ihn umgebenden Innenwand der Pumpkammer 3, 3' ist ein z.B. ringförmiger Spalt 9' freigelassen. An ihrem in der Zeichnung oberen Ende ist die Pumpkammer 3, 3' gegen den angrenzenden oberen Teil des Zylinders 2, 2' durch eine ringförmige Kolbendichtung 10, 10' abgeschlossen, die den in ihr gleitenden Kolben 4, 4' umschließt. Am entgegengesetzten unteren Ende hat jede Pumpkammer 3, 3' einen Pulvereingang 11, 11' und einen Ausgang 12, 12'. Die Eingänge 11, 11' sind an eine mit einem Vorratssystem für den zu fördernden Pulverlack gemeinsame Leitung (36' in Fig. 2) angeschlossen, während die beiden Ausgänge 12 und 12' an eine ihnen gemeinsame, z.B. zu dem Zerstäuber des Lackierroboters führende gemeinsame Ausgangsleitung (37' in Fig. 2) angeschlossen sind.

Vorzugsweise unmittelbar angrenzend an die Kolbendichtung 10, 10' führt in die Pumpkammer 3, 3' jeweils eine Einlassöffnung 15 bzw. 15' für Förderluft (oder ein sonstiges Fördergas) des zu fördernden Pulvers. Bis auf die Einlassöffnung 15, 15', den Eingang 11, 11' und den Ausgang 12, 12', die jeweils durch noch zu erläuternde Ventile gesteuert sind, sind die beiden Pumpkammern 3, 3' durch das Gehäuse 1 und die Dichtung 10, 10' luftdicht verschlossen.

Die insoweit beschriebene Pumpe und ihr Arbeitsprinzip entsprechen an sich der eingangs erwähnten bekannten DDF-Pumpe. Wenn sich also z.B. der Kolben 4 in dem einen Zylinder 2 nach oben bewegt, erzeugt er in der Pumpkammer 3 ein Vakuum, wodurch das (ggf. durch Luft fluidisierte) Pulver aus dem Eingang 11 in die Kammer gesaugt wird. Der Ausgang 12 der Pumpkammer 3 ist hierbei durch das zugehörige Ventil (Fig. 2) geschlossen. Währenddessen läuft der Kolben 4' in der anderen Pumpkammer 3' nach unten. Durch die in dieser Zeit an dem zugehörigen Ventil geöffnete Einlassöffnung 15' fließt Druckluft in die Kammer 4', wodurch die zuvor angesaugte Pulverfüllung in den von dem zugehörigen Ventil geöffneten Ausgang 12' ausgestoßen wird. Während der Abwärtsbewegung des Kolbens 4' kann die von der Einlassöffnung 15' kommende Förderluft durch den erwähnten Spalt 9' an dem Kolben entlang zu dem Ausgang 12' fließen. Da das Pulver nicht durch den Kolben komprimiert werden soll, wird die Einlassöffnung 15 bzw. 15' so rechtzeitig vor Beginn der Kolbenbewegung geöffnet, dass die Pumpkammer bei der Abwärtsbewegung des Kolbens schon ganz oder weitgehend durch die Förderluft entleert worden ist.

Bei dem insoweit beschriebenen Betrieb wird der Pulverdurchsatz pro Kolbenhub mechanisch durch das Hubvolumen des Kolbens bestimmt. Aus den eingangs erläuterten Gründen wird nun

erfindungsgemäß zur Begrenzung oder Änderung des Hubfüllvolumens bzw. des Durchsatzes durch zeitlich gesteuertes Einströmen der (an sich zum Hinausfordern des Pulvers aus dem austreibenden Zylinder dienenden) Förderluft das im ansaugenden Zylinder von dem Kolben erzeugte Vakuum in einem gewünschten Maß verringert. Durch das schwächere Vakuum wird entsprechend weniger Pulver angesaugt mit der Folge einer Reduzierung des Durchsatzes der Pumpe, wobei das Vakuum in Abhängigkeit von der jeweiligen Menge der eingeleiteten Förderluft zwischen einem gegebenen Maximalwert bei geschlossener Lufteinlassöffnung auf beliebige Werte bis zur vollständigen Ausschaltung der Ansaugwirkung und damit der Pulverförderung einstellbar ist. Die das Vakuum reduzierende Förderluftmenge und folglich der Pulverdurchsatz können automatisch während des Beschichtungsbetriebes zweckmäßig durch die Öffnungszeit und/oder durch die Öffnungsweite eines Förderluftventils 18 bzw. 18' bestimmt und gesteuert werden.

Für besondere Zwecke wie beispielsweise zum Nachfüllen von Behältern kann die Pumpe dagegen mit maximalem Durchsatz betrieben werden, um die Nachfüllzeit zu verringern. Wenn beim Nachfüllen ein vorbestimmtes Pulvergewicht erreicht werden soll, kann es zu diesem Zweck sinnvoll sein, den Durchsatz der Pumpe zum Ende der Nachfüllzeit mit Hilfe des Förderluftventils zu reduzieren. U.a. kann dadurch ein genaues Mischungsverhältnis zwischen Frisch- und Recycling-Pulver eingestellt werden.

Die Erfindung lässt sich allein durch Signalsteuerung ohne mechanischen Eingriff und ohne sonstigen zusätzlichen Aufwand realisieren, da die benötigten Förderluftventile ohnehin vorhanden sind. Ein zweckmäßiges Pneumatik- und Ventilschema für die Dosierpumpe nach Fig. 1 ist in Fig. 2 dargestellt.

Von einer Druckluftquelle 20 werden in an sich bekannter Weise die pneumatischen Antriebszylindereinheiten 5, 5' über die Steuerventile 21 und die Leitungen 22 versorgt. Der pneumatische Antrieb der Pumpe kann z.B. aus Sicherheitsgründen bei elektrostatischen Zerstäubern zweckmäßig sein, obwohl die beiden Kolben 4, 4' der Förderzylinder auch hydraulisch oder elektrisch angetrieben werden könnten. Durch Steuerung der änderbaren Umschaltfrequenz der Ventile 21 lässt sich die Menge des geförderten Pulvers einstellen.

Über die ebenfalls an die Druckluftquelle 20 angeschlossenen Steuerventile 24 und 24', die über pneumatischen Steuerleitungen 25 bzw. 25' die Ventile 18 bzw. 18' schalten, wird darstellungsgemäß die Förderluft der beiden Zylinder 2 und 2' gesteuert. Die Ventile 18, 18' können z.B. an das Gehäuse 1 der Pumpe angebaute 2/2-Wegeventile sein. Die Förderluft wird den Ventilen 18, 18' und damit den Zylindern 2, 2' darstellungsgemäß über eine einstellbare Druckdrosselleinrichtung 26 und die Leitungen 27, 27' zugeführt. Ebenfalls von der Druckluftquelle 20 wird über ein weiteres Steuerventil 23 eine zu Reinigungszwecken vorgesehene Leitung 28 gespeist, die mit den Leitungen 27, 27' verbunden ist.

Über die Steuerventile 30 und 30' sind an die gemeinsame Druckluftquelle 20 ferner Versorgungsleitungen 31 bzw. 31' für die pneumatische Antriebszylindereinheit 32 einer Quetschventilanordnung angeschlossen, die entsprechend dem in der DE 199 59 473 beschriebenen Prinzip mit zwei mechanisch verbundenen Druckbalken 33, 34 elastische Pulverschläuche an den Ein- und Ausgängen (11, 11', 12 und 12' in Fig. 1) der Pumpe zyklisch öffnen und schließen. Darstellungsgemäß steuert der Druckbalken 33 den Eingangsschlauch 36 des Zylinders

2 und den Ausgangsschlauch 37' des Zylinders 2', während der andere Druckbalken 34 den Eingangsschlauch 36' und den Ausgangsschlauch 37 des Zylinders 2 steuert. In der dargestellten Stellung verschließt der Druckbalken 34 bei der Ansaugbewegung des Kolbens 4 die Schläuche 37 und 36', während zu dieser Zeit die Schläuche 36 und 37' offen sind. Bei der Ansaugbewegung des Kolbens 4' ist es umgekehrt. Die beiden Eingangsschläuche 36 und 36' sind an eine gemeinsame Eingangsleitung 36'' angeschlossen, während die beiden Ausgangsschläuche 37, 37' an die Ausgangsleitung 37'' angeschlossen sind.

Das gesamte Fördersystem wird automatisch von dem übergeordneten Programmsteuersystem der Beschichtungsanlage gesteuert, das die Ventile 21, 23, 24, 24', 30 und 30' mit elektrischen Signalen schalten kann.

Die Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Beispielsweise lässt sie sich auch bei anderen an sich bekannten Pulverdosierpumpen realisieren, bei denen das Pulver mit Unterdruck angesaugt und mit Überdruck ausgestoßen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Fördern pulverförmiger Stoffe, wobei das zu fördernde Pulver zyklisch wechselweise durch einen Eingang (11) in eine Pumpkammer (3) gesaugt und durch ein in die Pumpkammer (3) gedrücktes Fördergas in einen Ausgang (12) gefördert wird, dadurch gekennzeichnet, dass das bei dem Ansaugvorgang in der Pumpkammer (3) erzeugte Vakuum durch eine Einfassöffnung (15) der Pumpkammer (3) gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zu fördernde Pulver von einem in einem Zylinder (2) hin und her bewegten Kolben (4) bei dessen Bewegung in der einen Richtung durch einen Eingang (11) in den Zylinder (2) gesaugt und während der Bewegung des Kolbens (4) in der anderen Richtung durch das in den Zylinder (2) geleitete Fördergas in einen Ausgang (12) des Zylinders (2) gefördert wird, und dass das von dem Kolben (4) bei seiner Ansaugbewegung in dem Zylinder (2) erzeugte Vakuum durch eine Einfassöffnung (15) des Zylinders (2) gesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass das Vakuum durch einströmendes Fördergas gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Vakuum durch Steuerung

der Öffnungszeit und/oder der Öffnungsweite eines Einfassventils (18, 18') gesteuert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Pulver in die Eingänge (11, 11') von zwei Zylindern (2, 2') mit gegenläufig bewegten Kolben (4, 4') gesaugt und in eine den beiden Zylindern gemeinsame Ausgangsleitung (37'') gefördert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der bzw. jeder Kolben (4, 4') von einer vorzugsweise pneumatischen Antriebszylindereinheit (5, 5') angetrieben wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das Pulver in die eine von zwei Kammer- oder Zylindereinheiten (2, 3) gesaugt wird, während es aus der jeweils anderen Einheit (2', 3') ausgestoßen wird.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein- und Ausgänge (11, 12) des Pulvers von automatisch gesteuerten Betätigungs-elementen (33, 34) geöffnet und geschlossen werden, die mechanisch miteinander verbunden sind.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein- und Ausgänge (11, 12) durch automatisches Abklemmen von aus elastischem Werkstoff bestehenden Schläuchen (36, 37) geschlossen werden.
10. Vorrichtung zum Fördern pulverförmiger Stoffe mit

mindestens einer Pumpkammer (3), die über einen ventil-gesteuerten Eingang (11) mit einem Pulvervorratssystem und über einen ventilgesteuerten Ausgang (12) mit dem Pulververbraucher verbunden ist,  
und mit einer Einrichtung, die das Pulver zyklisch wechselweise durch den Eingang (11) in die Pumpkammer (3) saugt und mit einem in die Pumpkammer (3) gedrückten Fördergas in den Ausgang (12) fördert,  
dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinrichtung (18, 24) vorgesehen ist, mit der das bei dem Ansaugvorgang in der Pumpkammer (3) erzeugte Vakuum während des Pumpbetriebes änderbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Zylinder (2) vorgesehen ist, in dem ein von einer Antriebseinheit (5) hin und her bewegbarer Kolben (4) gelagert ist, und der einen Eingang (11) und einen Ausgang (12) für das zu fördernde Pulver sowie eine Einlassöffnung (15) für ein Fördergas hat,  
wobei der Kolben (4) bei seiner Bewegung in der einen Richtung das Pulver durch den Eingang (11) in den Zylinder (2) saugt, während es bei der Bewegung des Kolbens (4) in der anderen Richtung durch das in den Zylinder (2) geleitete Fördergas in den Ausgang (12) gefördert wird,  
und dass an den Zylinder (2) eine Einrichtung (18, 24) angeschlossen ist, mit der das von dem Kolben (4) bei seiner Ansaugbewegung in dem Zylinder (2) erzeugte Vakuum unabhängig von der Kolbenbewegung steuerbar ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum Steuern des Vakuums ein dem

Fördergaseinlass (15) vorgeschaltetes Ventil (18) steuert.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12 dadurch gekennzeichnet, dass der genannte Kolben (4) mechanisch mit dem Kolben (6) einer Antriebszylindereinheit (5) verbunden ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylinder (2) an seinem zu dem Pulvereingang (11) entgegengesetzten Ende durch eine den Kolben (4) umschließende Dichtung (10) geschlossen ist, und dass zwischen dem in der Dichtung (10) gleitend verschiebbaren Kolben (4) und der Innenwand des Zylinders (2) zwischen der Dichtung (10) und dem Pulverausgang (12) ein Spalt (9') für das Fördergas gebildet ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördergaseinlassöffnung (15) sich an oder nahe bei dem zu dem Pulvereingang (11) entgegengesetzten abgedichteten Ende der Pumpkammer (3) des Zylinders (2) befindet.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei Zylinder (2, 2') mit zwei gegenläufig angetriebenen Kolben (4, 4') enthält und diese Zylinder (2, 2') jeweils einen Pulvereingang (11, 11'), eine Fördergaseinlassöffnung (15, 15') und einen Pulverausgang (12, 12') haben.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass sich die beiden Zylinder (2, 2') parallel zueinander in einem gemeinsamen Gehäuse (1) befinden.

18. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17 als Pulverdosierpumpe zur Versorgung des Zerstäubers einer Pulverlackiermaschine.

## Verfahren und Vorrichtung zum Fördern pulverförmiger Stoffe

### Zusammenfassung

In einer Kolbendosierungspumpe zur Versorgung des Zerstäubers einer Pulverlackiermaschine wird zur Reduzierung des Pulverdurchsatzes das bei der Ansaugbewegung des Kolbens in der Pumpkammer erzeugte Vakuum durch Einleiten von Förderluft gesteuert reduziert.

**CERTIFICATE OF EXPRESS MAILING**

I hereby certify that the enclosed **copy of the German Application # 102 57 881.8 and Priority Document** are being deposited with the United States Postal Service as Express Mail, postage prepaid, in an envelope as AExpress Mail Post Office to Addressee@, Mailing Label No. **EL997489116US** and addressed to Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 on **December 4, 2003**.

*Sandra Barry*  
\_\_\_\_\_  
Sandra L. Barry